

# Studio e analisi delle prestazioni del protocollo IEEE 802.11p per la guida autonoma di platoon di veicoli

Tesi di Laurea Triennale in Informatica

Matteo Carlo Giavarini

Matricola: 896141

Relatore: prof. Gian Paolo Rossi

Correlatore: dott. Christian Quadri

Anno accademico 2018-2019

# Perchè Platooning?

- **Vantaggi:**
  - Riduzione del traffico ed aumento della capacità stradale
  - Riduzione di consumi ed emissioni inquinanti
  - Miglioramento del comfort dell'automobilista



# Comunicazione veicolare:

## Vehicle to Vehicle – V2V (a)

### - IEEE WAVE:

- IEEE 802.11p: modifica lo standard 802.11 a livello MAC e PHY per consentire la comunicazione negli ambienti veicolari.

- IEEE 1609.X: gestisce le modalità di accesso al canale e media l'accesso al canale fisico per i pacchetti WAVE.

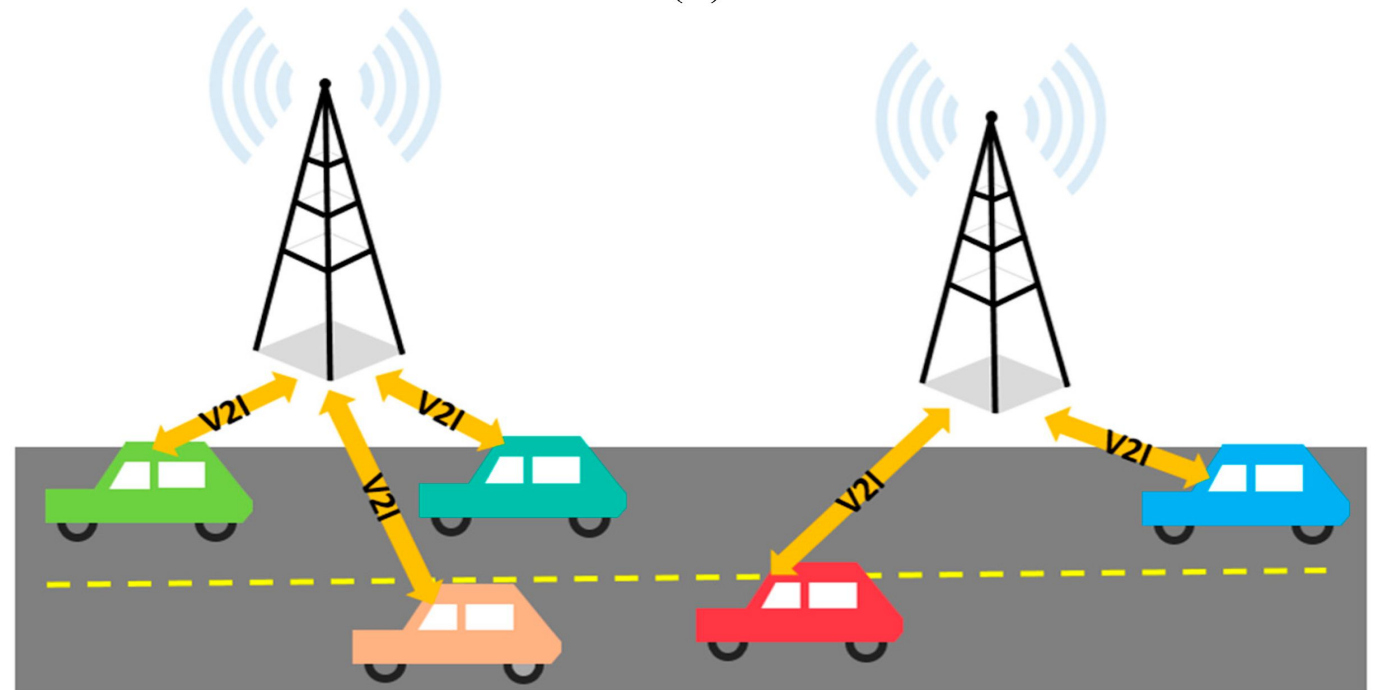
### - ETSI ITS-G5

## Vehicle to Infrastructure – V2I (b)

### - 5G & LTE-V2X



(a)

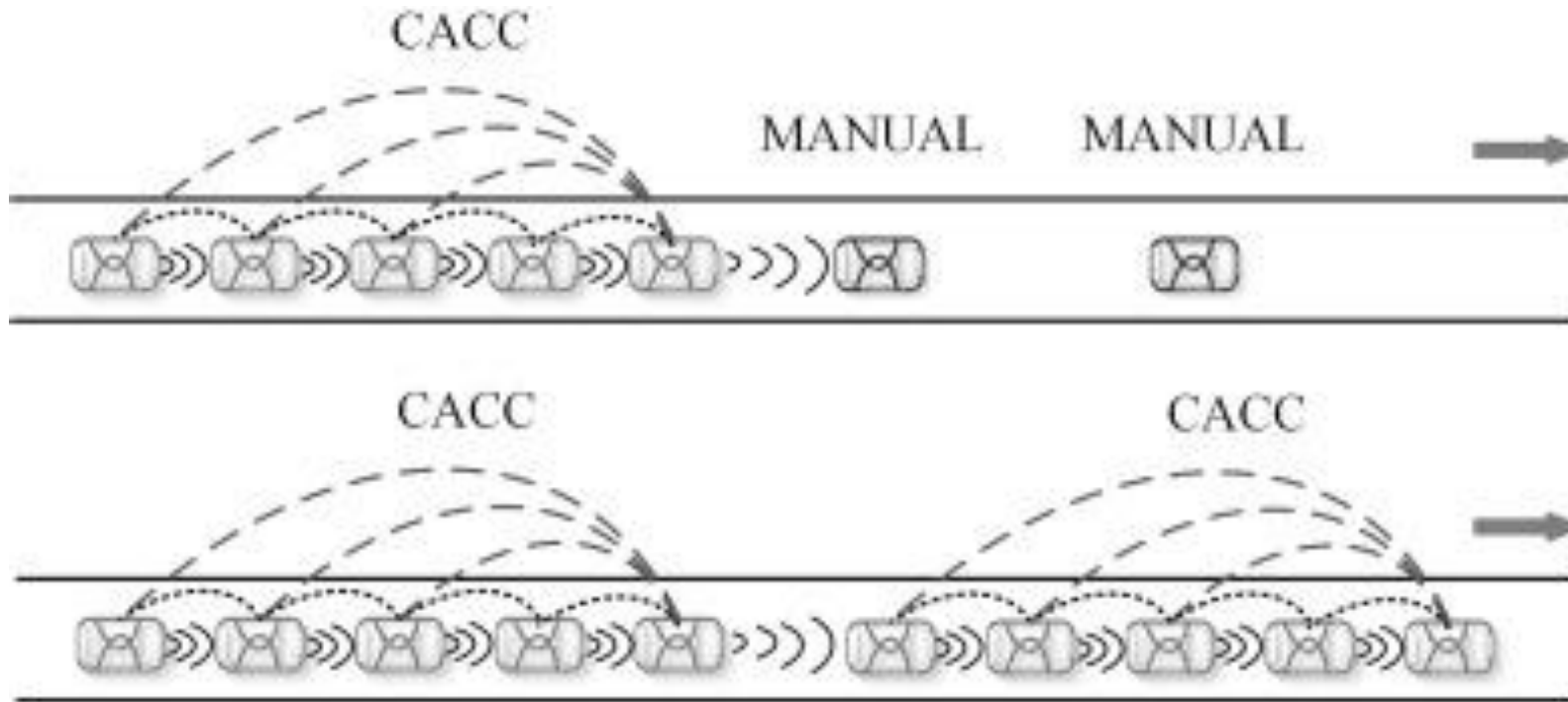


(b)

# Algoritmo di controllo CACC:

Il Cooperative Adaptive Cruise Control (CACC) è in grado di formare, mantenere e disgregare un plotone di veicoli. In particolare ogni veicolo si auto-controlla

integrando le informazioni ricavate dal radar di bordo riguardo posizione, accelerazione e distanza con quelle fornitegli dal leader e dal veicolo che lo precede.



# Obiettivi della tesi:

Analisi di aspetti che possono influenzare le prestazioni delle comunicazioni veicolari e la stabilità dei platon di veicoli.

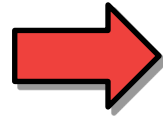
## In particolare:

- Confronto tra le varie tipologie di **Modulation and Coding Scheme (MCS)**.
- **Gestione dei platon:** Valutazione delle performance tra scenari che dispongono

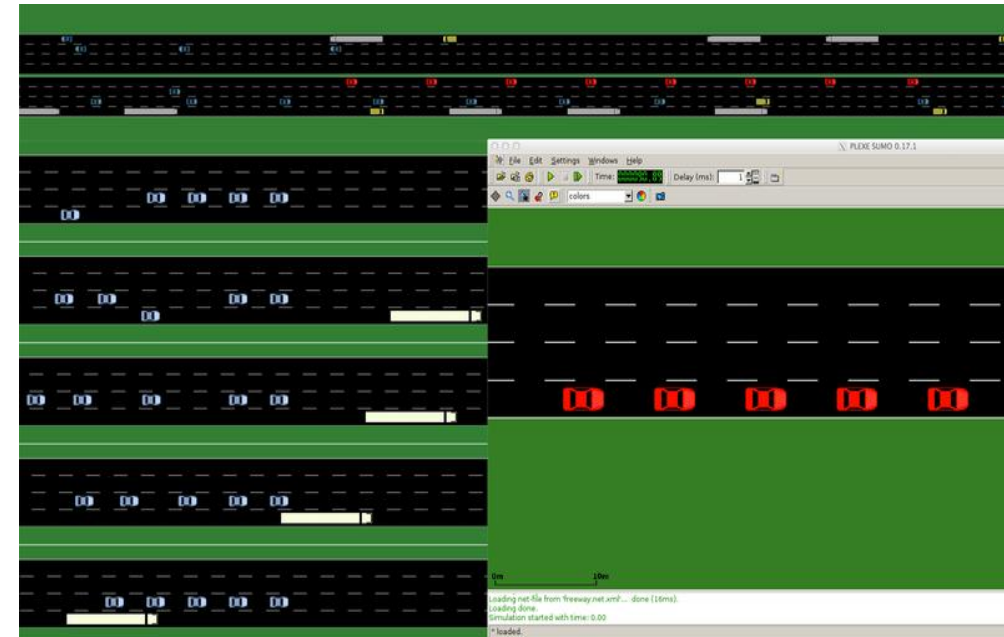
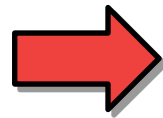
# Strumenti di simulazione:



Simulatore di rete  
veicolare



Simulatore di  
traffico stradale



# Confronto delle Modulation and Coding Scheme (MCS):

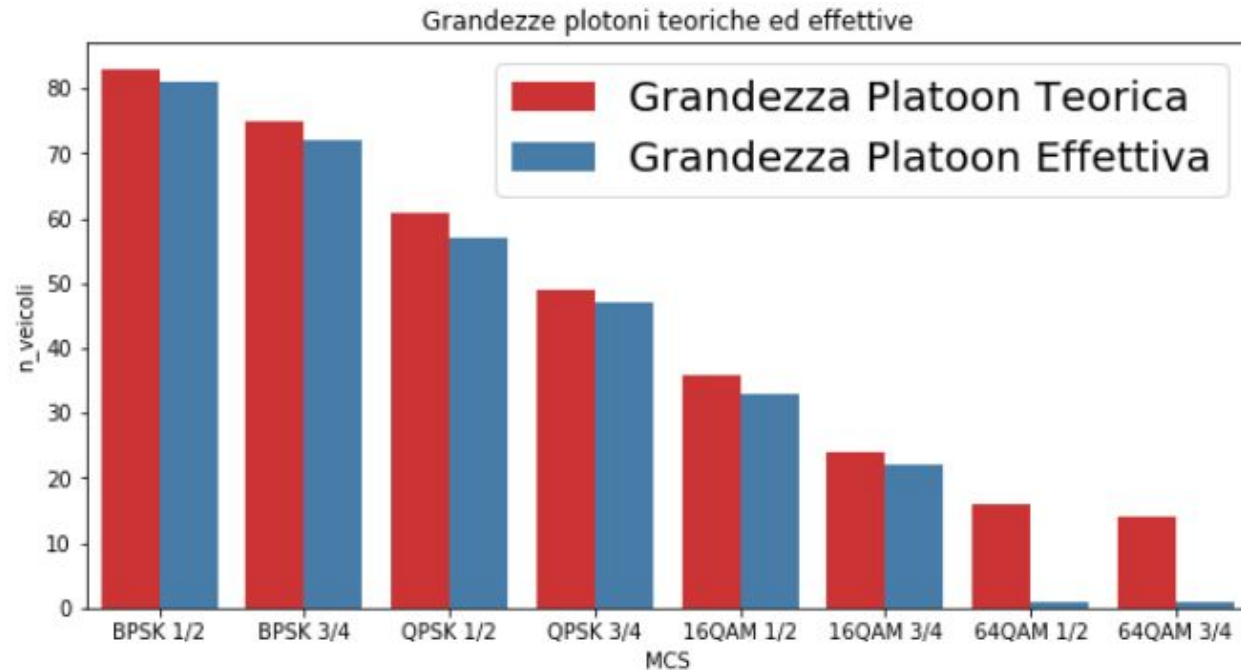
Il termine MCS in ambito di trasmissioni digitali, rappresenta una particolare tecnica di elaborazione del segnale radio trasmesso, volta a garantire la trasmissione più ottimale possibile di un messaggio, ossia l'integrità dei dati attraverso un canale rumoroso che introduce errori nella trasmissione dei dati.

MCS	DATA RATE	SENSIBILITA' RICEVITORE	SNIR MINIMO	LOS RANGE	GRANDEZZA PLOTONE TEORICA
BPSK 1/2	3 Mb/s	-85 dB	10 dB	740 m	83
BPSK 3/4	4.5 Mb/s	-84 dB	11 dB	666 m	75
QPSK 1/2	6 Mb/s	-82 dB	13 dB	541 m	61
QPSK 3/4	9 Mb/s	-80 dB	15 dB	439 n	49
16 QAM 1/2	12 Mb/s	-77 dB	18 dB	320 m	36
16 QAM 3/4	18 Mb/s	-73 dB	22 dB	210 m	24
64 QAM 1/2	24 Mb/s	-69 dB	26 dB	139 m	16
64 QAM 3/4	27 Mb/s	-66 dB	27 dB	125 m	14

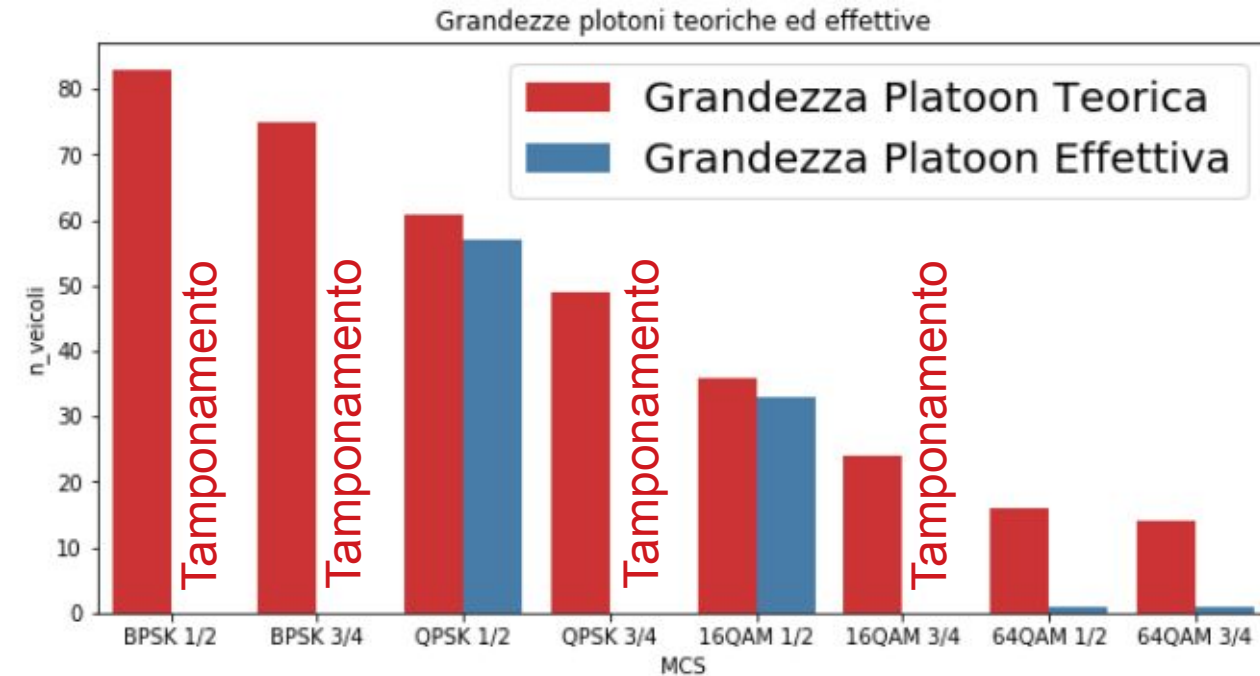
# Scenario di simulazione:

Parametri	Valore
Numero veicoli plotone	Grandezza teorica della relativa MCS
Tempo di simulazione	60s
Velocità del leader	100 Km/h
Oscillazione sinusoidale	Da 95 a 105 Km/h a 0.2 Hz
Distanza inter-veicolare	5 m
Controller	CACC
Frequenza di beaconing	10 Hz
Potenza di trasmissione	100 mW
Sensibilità d'antenna	In base alla MCS considerata
Modulation and coding schema (MCS)	In Base alla MCS considerata
Path-loss exponent	2.0

# Risultati ottenuti:



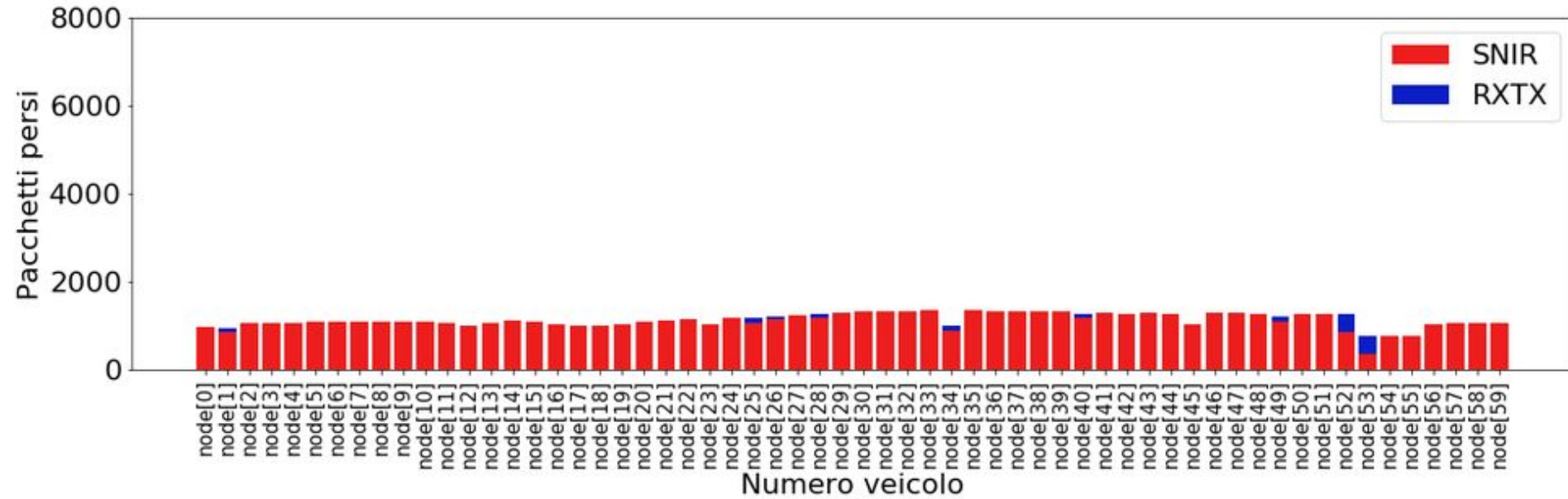
Pacchetti da 200 Byte



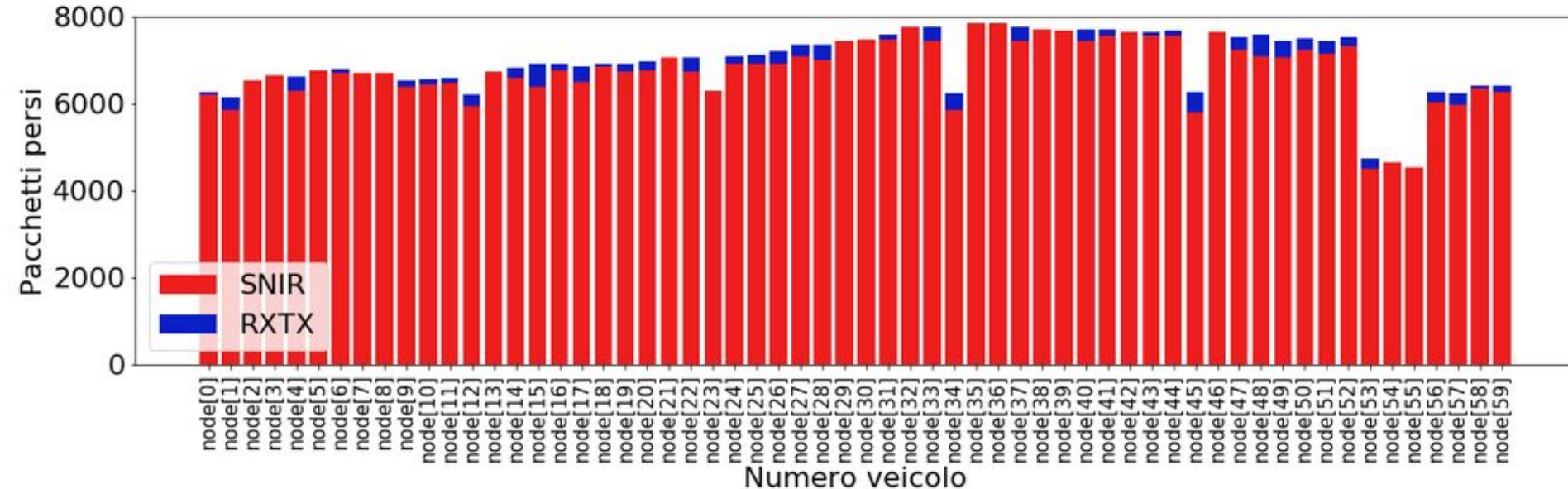
Pacchetti da 800 Byte

# Pacchetti persi:

MCS QPSK 1/2  
Pacchetti da 200 Byte

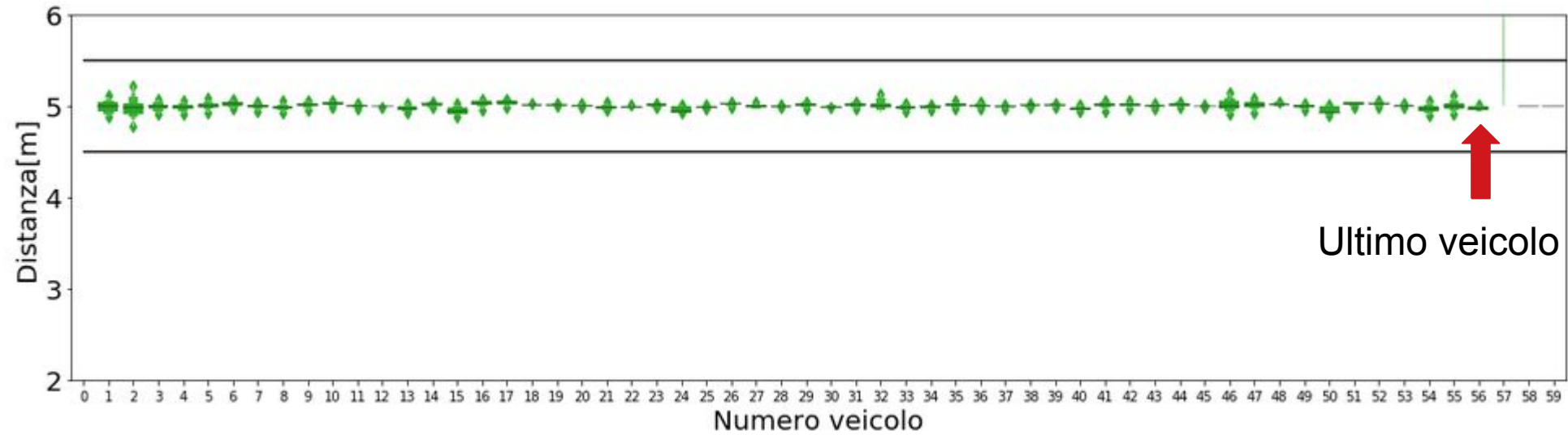


MCS QPSK 1/2  
Pacchetti da 800 Byte

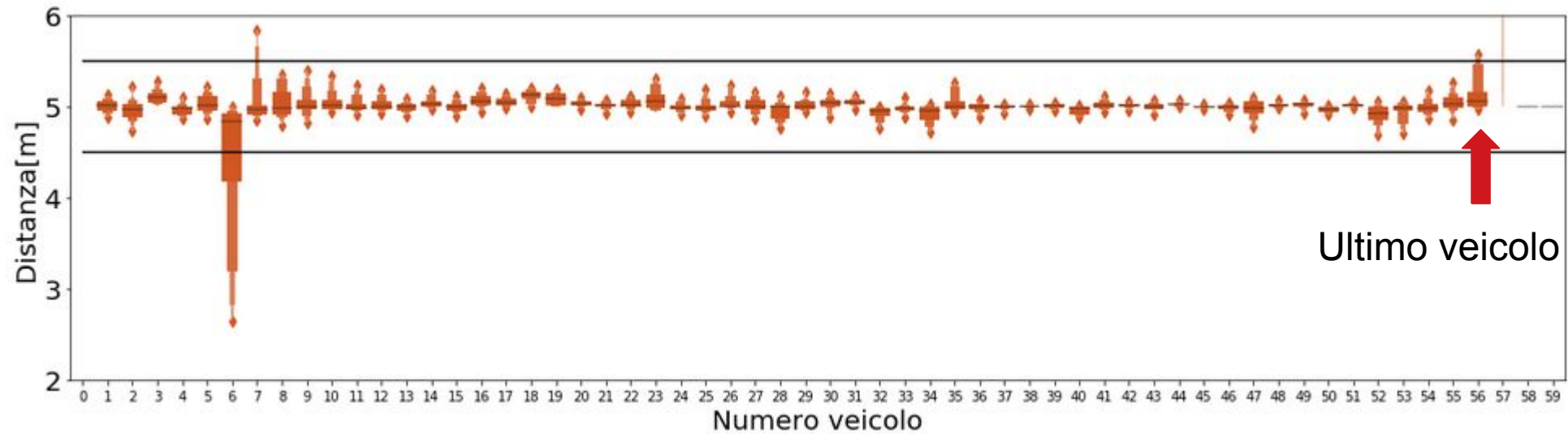


# Distanze inter-veicolari:

MCS: QPSK 1/2  
Pacchetti da 200 Byte



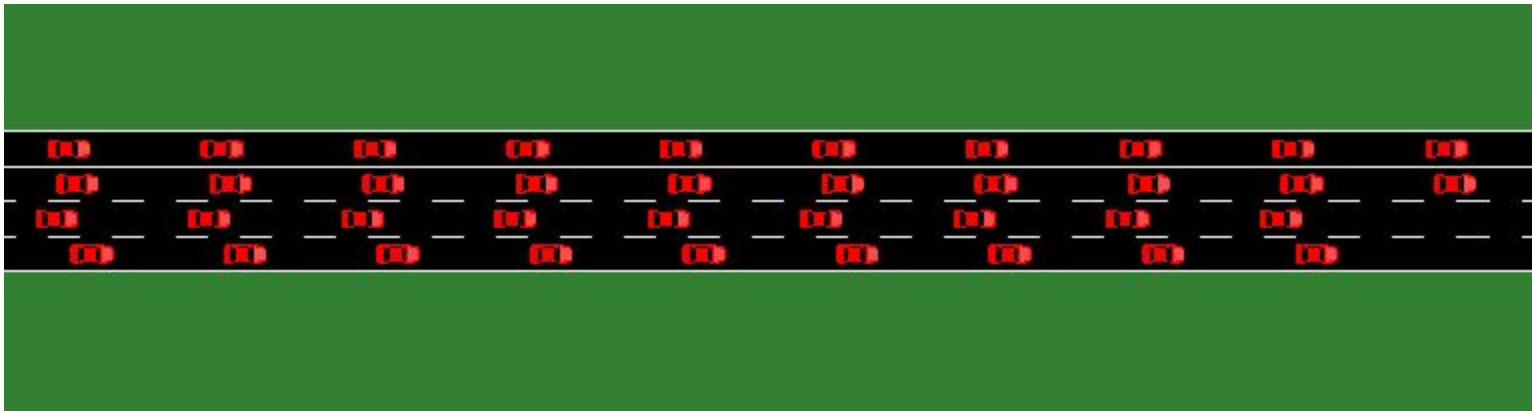
MCS: QPSK 1/2  
Pacchetti da 800 Byte



# Gestione dei plotoni:

Confronto delle prestazioni fisiche e di rete tra i seguenti scenari:

- 60 veicoli suddivisi in 4 plotoni affiancati VS 60 veicoli suddivisi in 4 plotoni in fila:

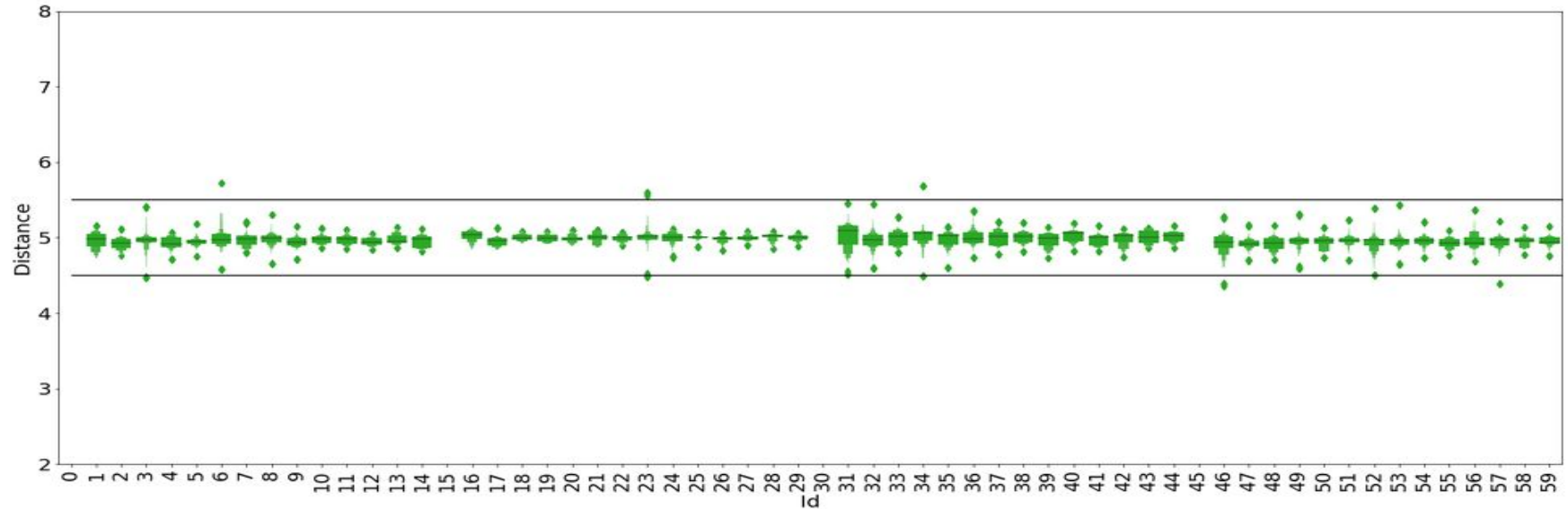


- 120 veicoli suddivisi in 4 plotoni affiancati VS 120 veicoli suddivisi in 4 plotoni in fila:

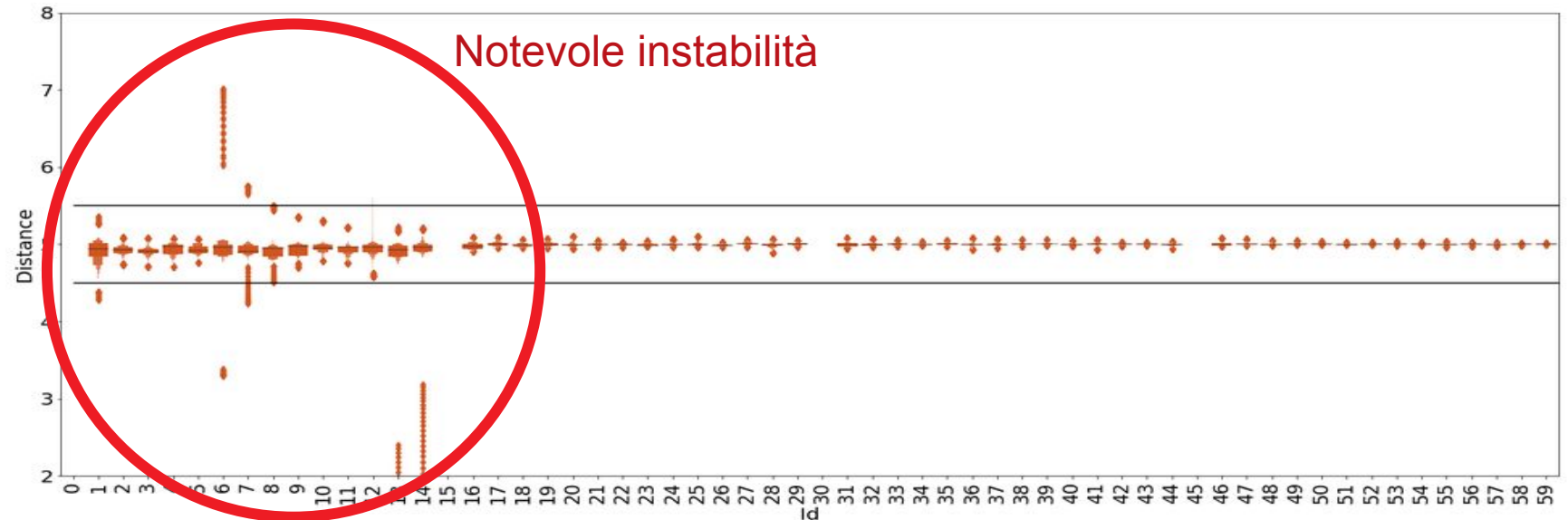


# Distanze inter-veicolari 60 veicoli:

- Plotoni affiancati  
Nessun tamponamento

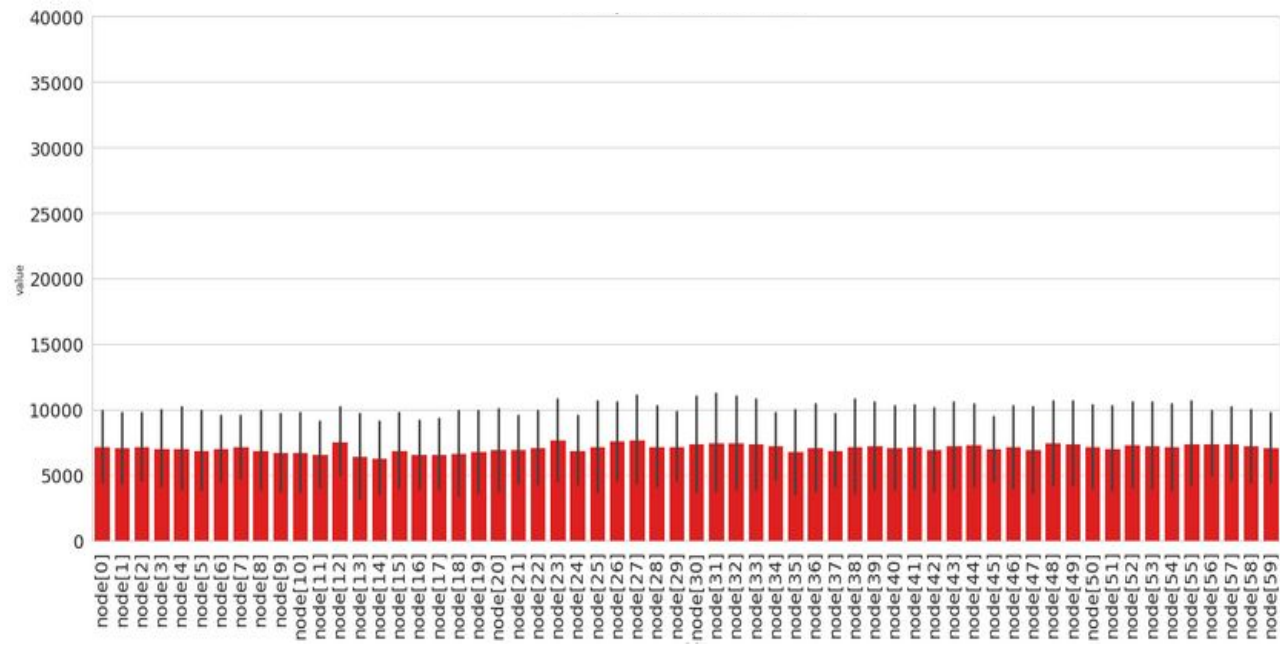


- Plotoni in fila  
Un Tamponamento

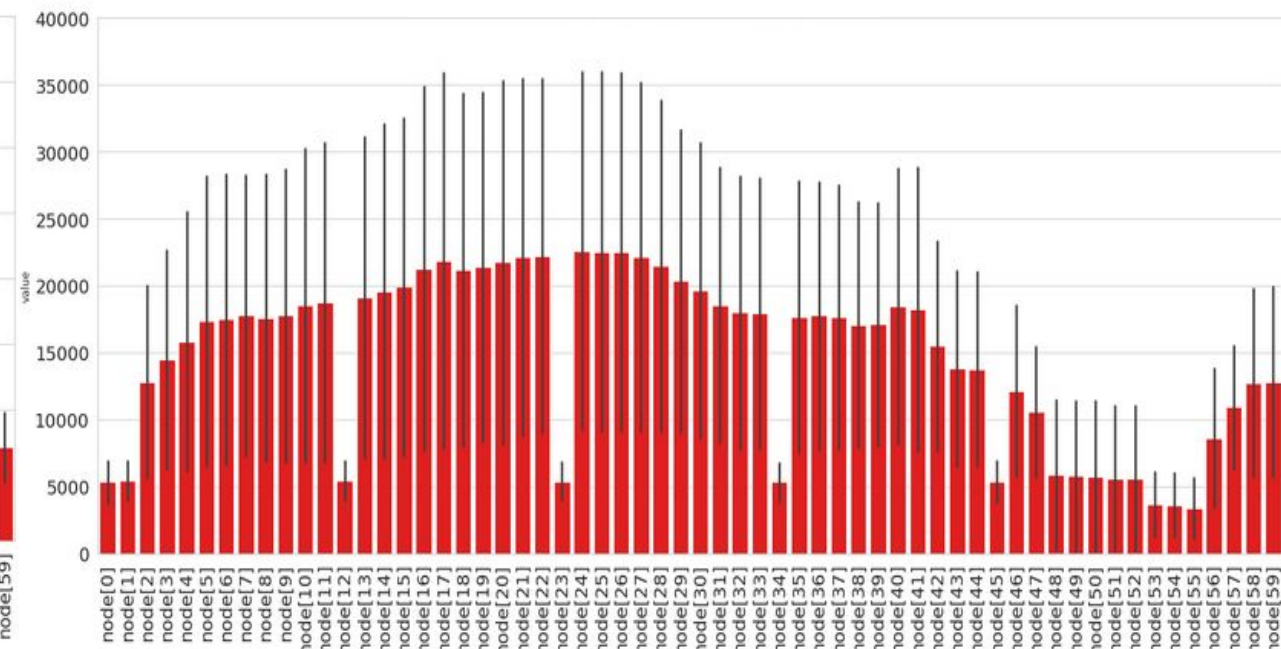


# Pacchetti persi 60 veicoli:

- Plotoni affiancati



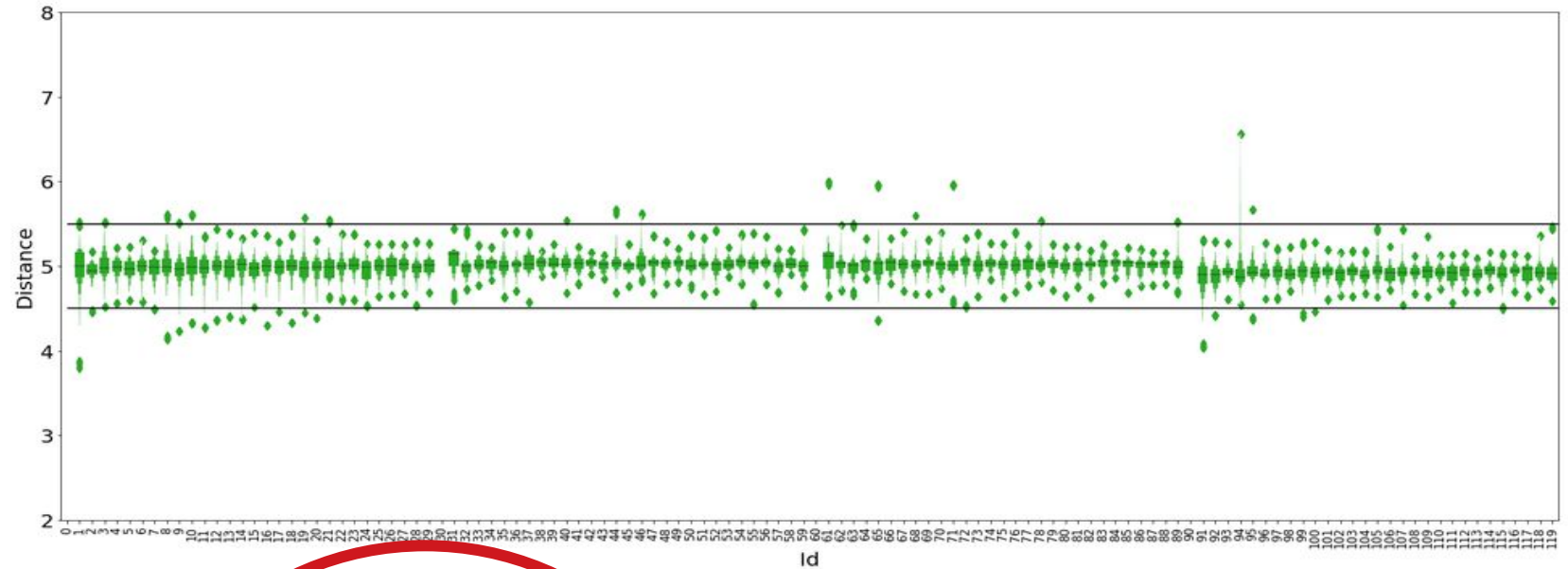
- Plotoni in fila



# Distanze inter-veicolari 120 veicoli:

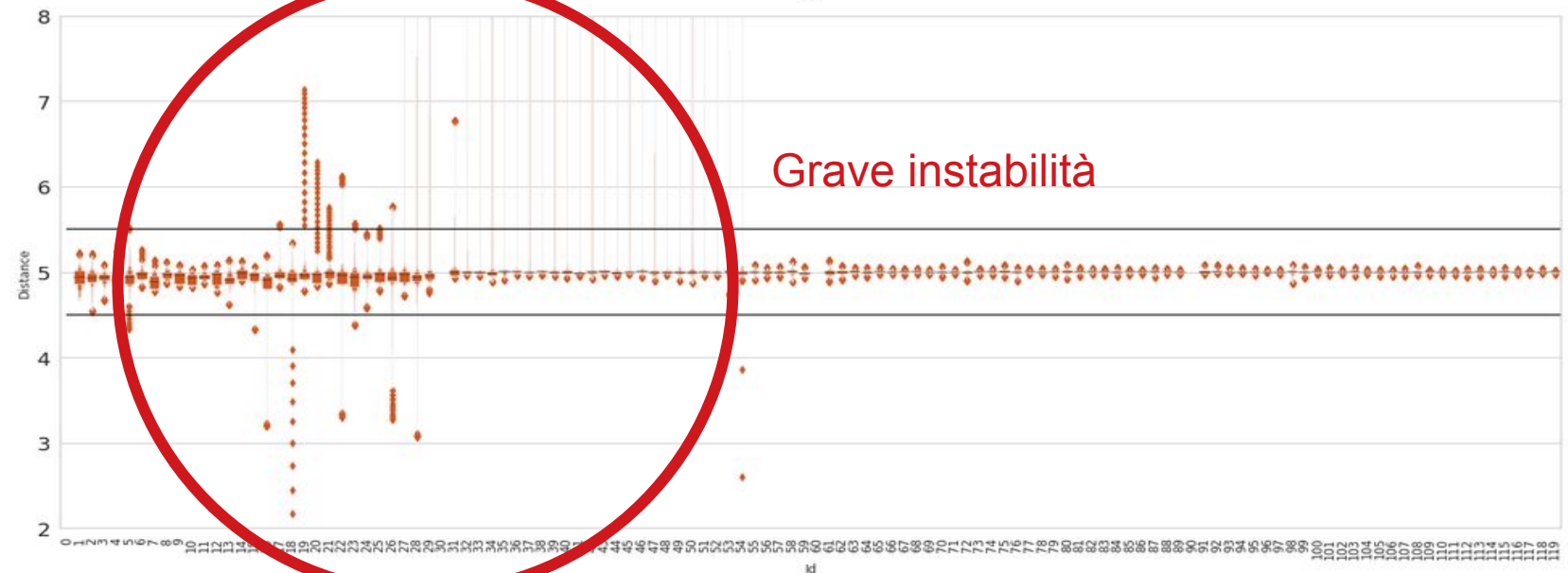
- Plotoni affiancati:

Un Tamponamento



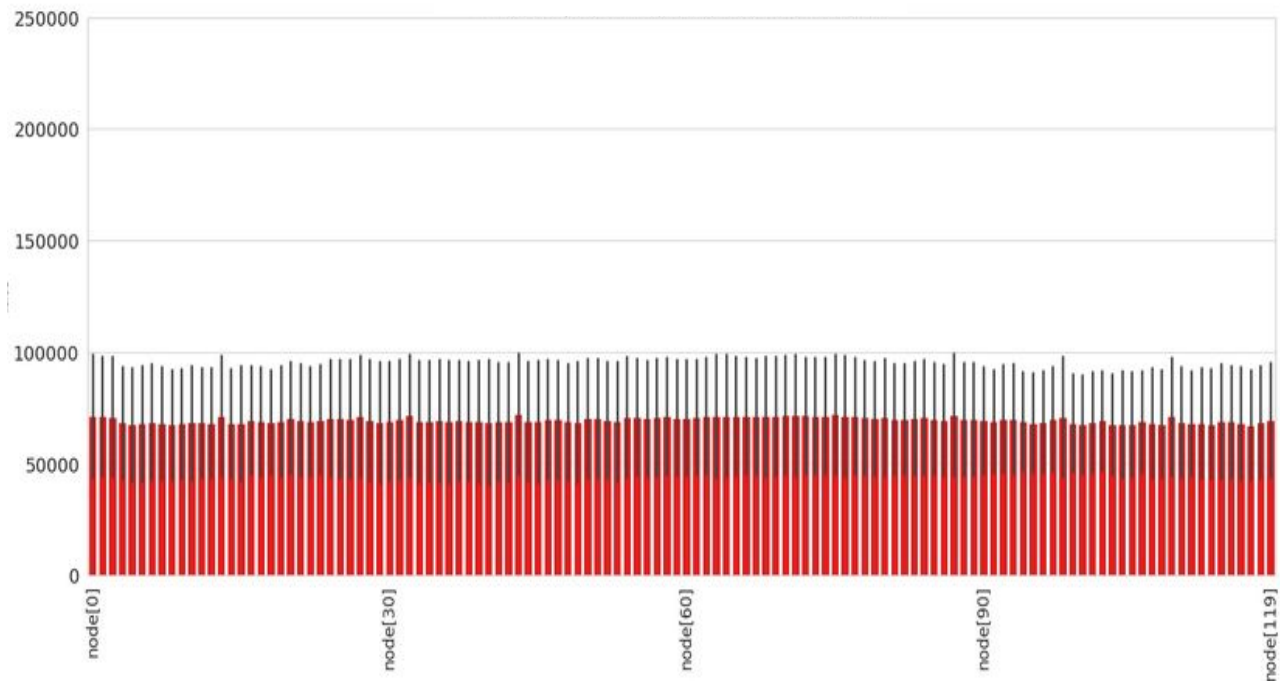
- Plotoni in fila:

Tre Tamponamenti

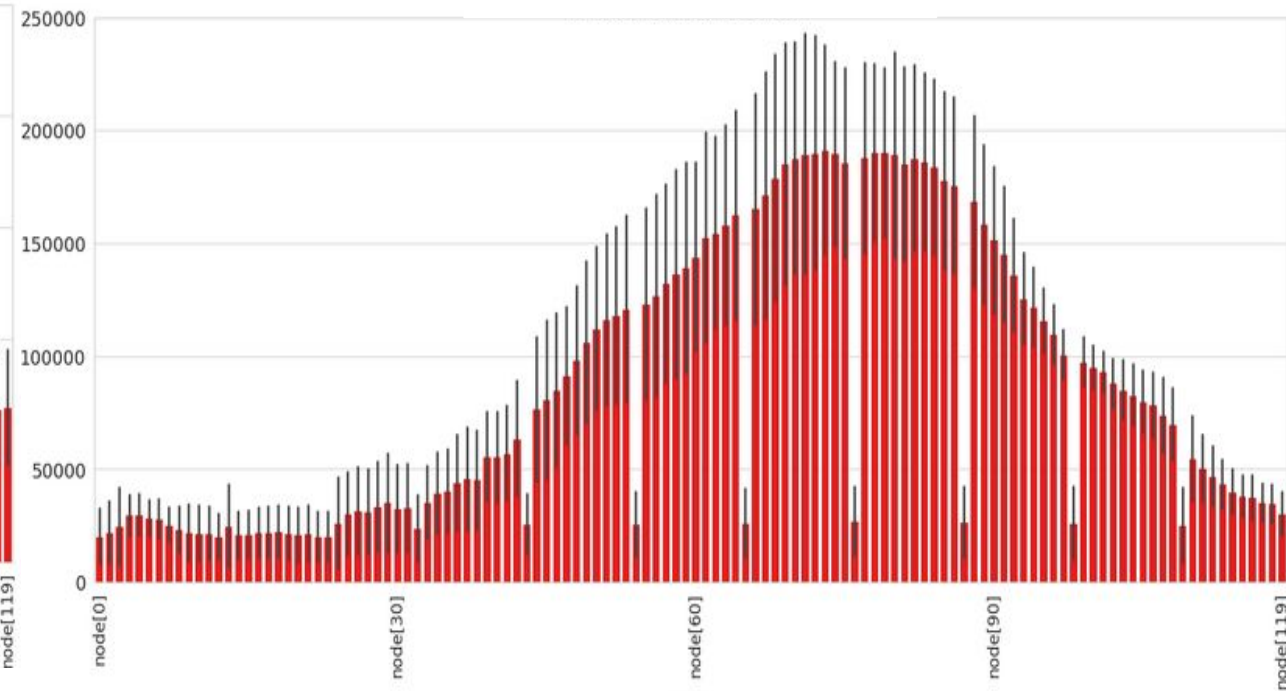


# Pacchetti persi 120 veicoli:

- Plotoni affiancati



- Plotoni in fila



# Conclusioni

## Modulation and Coding Scheme:

- Le uniche due MCS che si sono rilevate sufficientemente robuste sono state in primis QPSK  $\frac{1}{2}$  con una capienza massima di 57 veicoli per plotone e successivamente 16QAM  $\frac{1}{2}$  con una capacità effettiva di 32 veicoli ed una minore stabilità del plotone.
- La codifica più semplice, BPSK  $\frac{1}{2}$  si è dimostrata molto efficiente per pacchetti di piccole dimensioni (200 Byte) ma totalmente inadeguata per pacchetti di dimensioni maggiori (800 Byte).

## Gestione dei plotoni:

- La configurazione che ha mostrato maggiore stabilità in fatto di mantenimento della distanza inter-veicolare target e di efficienza in fatto di pacchetti persi è quella che dispone i plotoni affiancati sull'

# Sviluppi futuri

- Condizioni di simulazioni non ideali
  - Introduzione del rumore radio causato da apparati esterni
  - Utilizzo di antenne non-ideali / reali
- Vehicle-to-infrastructure
  - 5G
  - LTE-V2X

# Grazie dell'attenzione





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI INFORMATICA

